

РЕЛЕЕВСКОЕ РАССЕЯНИЕ ПОЛЯРИТОНОВ В КРИСТАЛЛАХ CdS

А.Б.Левцов, С.А.Пермогоров, А.В.Селькин

Впервые исследованы спектры релеевского рассеяния поляритонов. Показано, что упругое рассеяние света в области экситонного резонанса $A_{n=1}$ кристаллов CdS при $T = 2\text{ K}$ в основном определяется одноактным рассеянием поляритонов на короткодействующем потенциале.

В последние годы достигнут значительный прогресс в исследовании резонансного рассеяния экситонных поляритонов. При этом основное внимание уделялось неупругой компоненте вторичного излучения, связанной с рамановским [1] и бриллюэновским [2] механизмами рассеяния. Упругое рассеяние (на несмещенной частоте) практически не исследовано.

В кристаллах с достаточно гладкими поверхностями основным механизмом упругого рассеяния является релеевское рассеяние света на примесях и дефектах внутри объема. Возможность такого рассеяния обсуждалась в работе [3], где выполнен теоретический анализ спектрально-поляризационных характеристик упруго рассеянного излучения с учетом поляритонных эффектов в многократных процессах пере-

поглощения-переизлучения. Недавно проведенные теоретические [4] и экспериментальные [5] исследования резонансного неупругого рассеяния поляритонов также указывают на существенное влияние упругих процессов на форму спектров бриллюэновского и комбинационного рассеяний.

В настоящей работе мы представляем результаты исследования резонансного релеевского рассеяния поляритонов на примесях. В качестве объекта исследования мы выбрали кристаллы CdS, экситон-поляритонный спектр которых хорошо известен. Рассеяние изучалось при температуре кристалла 2К в области экситонного резонанса $A_{n=1}$ в геометрии рассеяния "назад", изображенной в левой части рис. 1.

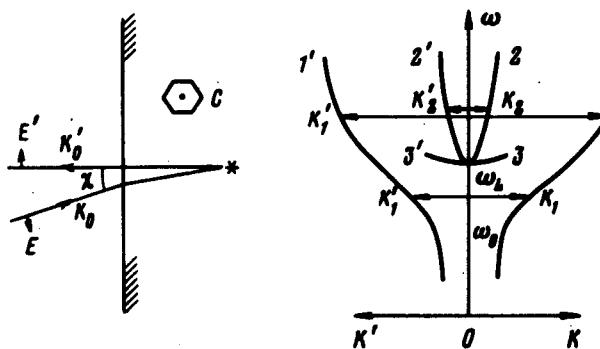


Рис. 1. Слева: геометрия упругого рассеяния. Справа: схематическое изображение процесса релеевского рассеяния поляритонов в направлении "назад"

Плоскость рассеяния, содержащая волновые вектора K_0 и K'_0 падающего и рассеянного фотонов, была перпендикулярна оптической оси С кристалла и его излучающей грани. Квазимохроматический возбуждающий световой поток со спектральной шириной $\sim 0,5$ мэВ, выделяемый монохроматором ИСП-51 из сплошного спектра лампы накаливания, направлялся в поляризации $E \perp C$ на кристалл под минимальным углом ($x = 22^\circ$) относительно нормали к излучающей поверхности. Рассеянный свет регистрировался вдоль нормали в поляризации $E' \perp C$ спектрометром ДФС-24. Спектр линии рассеяния записывался при разных фиксированных частотах возбуждающего света, попадающих в область экситонного резонанса. При этом максимум рассеянной линии излучения совпадал по своему спектральному положению с максимумом линии возбуждения во всем интервале изменения частоты падающего света, а форма линии заметно не изменялась.

На рис. 2 в виде заштрихованных треугольников представлена зависимость пикивой интенсивности линии рассеяния от частоты линии возбуждения. На этом же рисунке приведены спектр зеркального отражения исследуемого кристалла для случая нормального падения (штриховая кривая) и спектр экситон-поляритонной люминесценции в направлении наблюдения вдоль нормали к поверхности, возбуждаемый в полосе межзонного поглощения линией 4416 Å He - Cd-лазера (пунктирная кривая).

Сравнение представленных экспериментальных кривых показывает, что спектр рассеяния существенно отличается от спектра люминесценции. При этом максимум интенсивности рассеяния расположен в облас-

ти абсолютного минимума отражения, несколько ниже продольной частоты ω_L (положение коротковолнового пичка в спектре отражения [6]). Максимальная интенсивность рассеяния составляет $\sim 0,02\%$ от интенсивности зеркального отражения на резонансной частоте экситона ω_0 .

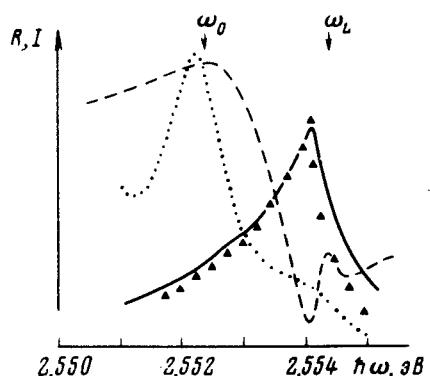


Рис. 2. Сопоставление экспериментального спектра упругого рассеяния света ($\blacktriangle\blacktriangle\blacktriangle\blacktriangle$) кристалла CdS ($T = 2\text{K}$) в области экситонного резонанса $A_{n=1}$ с теоретическим спектром (—) релеевского рассеяния поляритонов: — — — — — спектр отражения при нормальном падении, — спектр экситон-поляритонной люминесценции. Масштаб вдоль оси ординат произволен

Можно с уверенностью утверждать, что спектр рассеяния, изображенный на рис. 2, обусловлен упругими процессами, поскольку интенсивность упругого рассеяния в кристаллах CdS, по крайней мере, на три порядка превосходит интенсивность бриллюэновских компонент [7]. С другой стороны, бриллюэновское смещение в районе частоты ω_L экситона $A_{n=1}$ в CdS достигает значения $\sim 1 \text{ мэВ}$ [7]. Если бы бриллюэновская компонента давала заметный вклад в полное рассеяние, то такое смещение было бы зарегистрировано в нашем эксперименте.

Наблюдаемые спектры рассеяния находятся в качественном согласии с результатами [3] для случая однократного рассеяния на примеси.

Процесс одноактного упругого рассеяния поляритонов в геометрии "назад", схематически представлен в правой части рис. 1. В области частот $\omega < \omega_L$ в рассеянии участвуют только поляритоны ветви 1 ($1 \rightarrow 1'$), которые при столкновении с примесью меняют направление своего волнового вектора, оставаясь на той же самой ветви. В области $\omega > \omega_L$ может происходить упругий переброс с одной ветви на другую, т. е. кроме рассеяния $1 \rightarrow 1'$ и $2 \rightarrow 2'$, возможны также переходы $1 \rightarrow 2'$ и $2 \rightarrow 1'$. Переходы с участием продольных экситонов 3, 3' не дают вклада во внешнее излучение в рассматриваемой геометрии одноактного рассеяния.

Предполагая а) одноактный характер релеевского рассеяния поляритонов на короткодействующем потенциале, фурье-компоненты которого не зависят от волнового вектора, б) отсутствие интерференции между поляритонными состояниями в процессе рассеяния и в) справедливость модели "мертвого" слоя [6], мы получили следующее выражение для интенсивности рассеянного излучения в геометрии рис. 1

$$I \sim (1 - R)^2 |W|^2 N \frac{(\nu_1 + \nu_2)^2 + 4\nu_1\nu_2}{\Gamma (\nu_1 + \nu_2)^3}, \quad (1)$$

где $|W|^2$ – квадрат модуля матричного элемента для рассеяния поляритона на примеси, N – концентрация примесей, Γ – константа затухания экситона, R – коэффициент зеркального отражения, v_i ($i = 1, 2$) – скорости переноса энергии поляритонными модами 1 и 2.

При расчете спектра рассеяния по формуле (1) мы воспользовались численными значениями параметров экситонного резонанса $A_{n=1}$, полученными нами в работе [8], и экспериментально измеренными значениями R . Результаты расчета, представленные на рис. 2 в виде сплошной кривой, хорошо соответствуют наблюдаемому спектру рассеяния, подтверждая тем самым исходные предположения.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
12 марта 1981 г.

Литература

- [1] Light Scattering in Solids. Ed. by M.Cardona. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg New York, 1975.
- [2] R.G.Ulbrich, C.Weisbuch. Festkörperprobleme, vol. XVIII, p. 217, ed. by J.Treusch, Vieweg, Braunschweig, 1978.
- [3] Е.Л.Ивченко, Г.Е.Пикус, Н.Х.Юлдашев. ЖЭТФ, **80**, 1228, 1981.
- [4] A.A.Gogolin, E.L.Rashba. Solid State Com., **19**, 1177, 1976.
- [5] C.Hermann, P.Y.Yu. Phys. Rev., **B21**, 3675, 1980.
- [6] J.J.Hopfield, D.G.Thomas. Phys. Rev., **132**, 563, 1963.
- [7] G.Winterling, E.Koteles. Solid State Com., **23**, 95, 1977.
- [8] А.Б.Певцов, С.А.Пермогоров, Ш.Р.Сайфуллаев, А.В.Селькин. ФТТ, **22**, 2400, 1980.